

**PROJECTION LENS**

Patent Number: JP57108818  
Publication date: 1982-07-07  
Inventor(s): UEHARA MAKOTO  
Applicant(s): NIPPON KOGAKU KK  
Requested Patent: ☐ JP57108818  
Application Number: JP19800183697 19801226  
Priority Number(s):  
IPC Classification: G02B13/16  
EC Classification:  
Equivalents:

**Abstract**

**PURPOSE:** To satisfactorily compensate the spherical aberration and the coma aberration and to ensure the easy working property, by using a positive lens, another positive lens and a negative lens in that order from the screen side and then giving the conditions to the parameter.

**CONSTITUTION:** The 1st positive lens L1 (refractive power P1 and thickness D1), the 2nd positive lens L2 (refractive power P2 and thickness D2) and the 3rd negative lens L3 are set in that order from the screen side. The conditions  $2.2 > P2/P1 > 1.5$  and  $1.8 > D2/D1 > 0.8$  are satisfied. At the same time, the aspheric surfaces are given to the lenses L1 and L2. For the aspheric surface form,  $1.2 > (A-S)/P2 > 0.3$  is satisfied for the difference in the direction of the optical axis between the aspherical surface at the periphery of the effective diameter of the aspheric surface form of the lens L2 and the reference spherical surface having a prescribed vertex curvature radius when the direction where the curvature of the corresponding aspherical surface is reduced as it goes further from the optical axis is set positive.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

⑤ Int. Cl.<sup>3</sup>  
G 02 B 13/16  
// G 02 B 9/12

識別記号

庁内整理番号  
7529—2H  
6952—2H

⑨ 公開 昭和57年(1982)7月7日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 10 頁)

## ④ 投影レンズ

① 特 願 昭55—183697  
② 出 願 昭55(1980)12月26日  
③ 発 明 者 上原誠

東京都豊島区目白4—15—21  
⑦ 出 願 人 日本光学工業株式会社  
東京都千代田区丸の内3丁目2  
番3号  
⑧ 代 理 人 弁理士 岡部正夫 外6名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称 投影レンズ

## 2. 特許請求の範囲

- 1 スクリーン側より順に、正屈折力を有する第1レンズと、同じく正屈折力を有する第2レンズと、負屈折力を有する第3レンズとで構成された投影レンズにおいて、  
前記第1レンズ及び第2レンズの屈折力をそれぞれ  $P_1$ 、 $P_2$  とし、該両レンズの中心厚をそれぞれ  $D_1$ 、 $D_2$  とするとき、

$$2.2 > P_2/P_1 > 1.5$$

$$1.8 > D_2/D_1 > 0.8$$

の各条件を満足することを特徴とする投影レンズ。

- 2 前記第1レンズと第2レンズは各々少なくとも1面の非球面を有し、該第2レンズの非球面形状について、その有効径最周辺における該非球面と所定の頂点曲率半径を

有する基準球面との光軸方向での差を  $(A-S)$  で表わし、光軸から遠ざかる程該非球面の曲率が弱くなる方向を正とし、2面の非球面を有する場合には両面について加算するものとするとき、

$$1.2 > \frac{(A-S)}{P_2} > 0.3$$

の条件を満足することを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の投影レンズ。

## 3. 発明の詳細な説明

本発明は、投影レンズ、特にCRT管の像を投影し、大きな画面を得るビデオプロジェクター用投影レンズに関する。

一般に、ビデオプロジェクターではB(青)、G(緑)、R(赤)3色のCRT管を各々のレンズでスクリーンに投影しており、3色の発光特性ともスペクトル巾が狭いため色消しレンズである必要はない。また物体側であるCRT管はほぼ平面であるが、スクリーンは反射型で1500～3000mm程度の曲率半

径でレンズ側に湾曲した球面、透過型では平面が多い。これらのビデオプロジェクター用の投影レンズとしては通常の球面レンズのみの構成や、非球面を含んだ構成などが知られている。球面レンズのみの構成では、明るく、広い画角を持たせるためには限界があり、構成するレンズの数を少なくして高性能を維持するためには非球面を用いることが不可欠である。

非球面を用いたこの種の投影レンズとしては、特開昭55-124114号公報に示されたものが知られており、3個のみのレンズからなる比較的簡単な構成ではあるものの、結像性能並びに製造コストの面からは決して満足できるものではなかつた。

この公報に開示された投影レンズは、スクリーン側より順に、光学的屈折力がほぼ零に等しい第1群、正の光学的屈折力のほぼ全部を負担する第2群、像面湾曲、歪曲収差を補正するための負の第3群より成っており、少

光線は第1レンズによりほとんど収束されないため、第2群のレンズは第1群とほぼ同じ口径を必要とする。そして、このために正の光学的屈折力のほぼ全部を負担している第2群のレンズの中心厚を非常に厚くしなければならず製作上の困難性を増している。そして、第1群については光学的屈折力がほぼ零に等しいため、頂点曲率半径が弱くなつて非球面の変曲点がレンズ面の有効口径内部に存在することとなり、逆に第2群は頂点曲率半径が強すぎるため、非球面の球面からのズレが大きくなり、ともに非球面加工の困難性を増している。

これらの困難性は、加工誤差を生じ易く、結像性能に著しい劣化を招く。特にプラスチックを材料としたレンズでは注塑加工、インジェクション加工などで製造されるが、レンズ形状が大きくなると厚くなれば加工が難しくなり生産性は低くならざるを得ない。

本発明は半面角 $20^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 、口径比 $1:1.2$

なくとも2つの面に非球面を採用している。この配置によると、主光線の像面湾曲、非点収差はかなり良好に補正され得る。しかし、第1群は開口に依存する収差の補正手段として用いられているが、半面角 $20^{\circ} \sim 25^{\circ}$ について、すべて満足するようなコマ収差の補正には無理がある。例えば、本件公報の4頁の表1に示されたレンズについて計算してみると面角の $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ までは比較的良く補正されているが、面角の $100^{\circ}$ に近い光束のコマ収差は非常に悪く、また球面収差の量も大きい。このように非点収差は良好に補正されても、大きなコマ収差、球面収差を持つということは、口径比に無理があることを意味し、実際の結像としてはフレアーが多く、解像にも悪影響を及ぼす。このことはより明るい口径比を持つた他の実施例では非球面を4面以上に設けていることから推測できる。

また軸上物点に対し、レンズ最周辺を通る

以上で結像性能の優れた投影レンズの提供を主眼とし、特に球面収差、コマ収差を良好に補正することを目的とし、同時に加工性が容易なレンズ形状にすることにより、加工コストの低減をも目的にしている。

本発明による投影レンズは、第1図に示すごとくスクリーン側より順に、正屈折力を有する第1レンズ $L_1$ と、同じく正屈折力を有する第2レンズ $L_2$ と、負屈折力を有する第3レンズ $L_3$ とで構成された投影レンズにおいて、第1レンズ $L_1$ と第2レンズ $L_2$ との屈折力をそれぞれ $P_1$ 、 $P_2$ 、中心厚をそれぞれ $D_1$ 、 $D_2$ とするととき、

$$2.2 > P_2/P_1 > 1.5 \quad (1)$$

$$1.8 > D_2/D_1 > 0.8 \quad (2)$$

の各条件を満足するものである。そして、第1レンズ $L_1$ と第2レンズ $L_2$ は各々主に口径に依存する収差を補正するために、少なくと

も1面の非球面を持ち、第3レンズ $L_3$ は主に非点収差を補正するために少なくとも1面の非球面を持つている。

第1図は、本発明による投影レンズの基本的レンズ構成を示す光路図である。図中の平行平板 $G$ はCRT管の螢光面 $S$ を有する光学部材であり、投影レンズに含まれるものではないが結像性能を評価するためには除くことのできないものである。この投影レンズは実用の際には螢光面 $S$ からの光を図示なきスクリーンに収斂させるもので、図中右から左へ進むが、光学設計においては逆にスクリーン側から光線追跡するのが一般的であり、以下の説明でもこの手法に基づいている。第1図中には、スクリーンの光軸上の点から発する限界光線 $A_1$ 、 $A_2$ 並びに最大面角の斜光線の主光線 $B_1$ 、とこの限界光線 $B_2$ 、 $B_3$ が併せて記入されている。尚、図中の◎は非球面であることを表わしている。

一般に、非球面を用いたレンズ系では、収

第1レンズ $L_1$ の屈折力の負担が大きくなり、コマ収差、特に面角の50%、70%におけるコマ収差の発生が著しくなつてしまい、この補正のためだけに非球面を増すことが必要となり不利である。

第1レンズ $L_1$ の中心厚 $D_1$ と第2レンズ $L_2$ の中心厚 $D_2$ との比を規定する条件(2)は、上記条件(1)との関連で本発明における投影レンズの特徵的形状を示すものであり、従来の3枚構成の投影レンズに比べて、第2レンズ $L_2$ の中心厚を薄くし、諸収差が良好に補正され得るのみならず加工性を高めるものである。この条件の上限を越えると、第1レンズ $L_1$ の中心厚が小さくなつて、十分な屈折力を持つことができず上記条件(1)のような屈折力の関係を満たすことができなくなるとともに、この分だけ第2レンズ $L_2$ の屈折力が増すために、第2レンズ $L_2$ の口径も中心厚も著しく大きくならざるを得ない。逆に、条件の下限を越えるならば、第2レンズ $L_2$ は薄

差補正の自由度が増し、各収差の傾向を適確に把えることは難しくなるが、本発明による上記条件に基づけば、半面角 $20^\circ \sim 25^\circ$ 、

口径比1:1.2以上の投影レンズにおいて非球面の数が少ない構成でも全面角にわたつて良好な収差補正状態を得ることができる。以下、上記条件式について説明する。

条件(1)は第1レンズ $L_1$ と第2レンズ $L_2$ との屈折力の比の値を規定し、本発明による投影レンズ中の正レンズに関して、第1レンズの屈折力を第2レンズのそれの約4/5程度とする適切な屈折力配分を定めるためのものである。この条件の上限を越えるならば、第1レンズ $L_1$ に対して第2レンズ $L_2$ の屈折力の負担が大きくなり過ぎるため、全面角にわたつて各収差を良好にバランスさせようとしても、非点収差の補正には有利になる反面、第1レンズ $L_1$ での球面収差の発生が著しくなり、非球面の数をむやみに増すことになってしまう。また逆に、条件の下限を越えると、

くなり製造が容易になるが、第1レンズ $L_1$ は必要以上に厚くなり収差補正上からも好ましくない。

尚、本発明の構成においては、全系のパワーを1とすると、第1レンズ及び第2レンズの屈折力 $P_1$ 、 $P_2$ がそれぞれ、上記条件(1)の範囲で、さらに

$$0.50 > P_1 > 0.41$$

$$0.85 > P_2 > 0.78$$

であることが望ましい。

以上の構成により、第1、第2、第3の各レンズに各々1面づつ非球面を設けるだけで、全面角にわたつて良好な結像性能を得ることができるが、第2レンズ $L_2$ の非球面の形状について次のような条件を満たすことが望ましい。すなわち、第2レンズ $L_2$ の有効径最周辺における非球面と、この非球面の基準であり所定の頂点曲率半径を有する球面との光軸方向での差を $(A-S)$ を表わし、光軸から遠ざかる程非球面の曲率が弱くなる方向を

正とし、2面の非球面を持つ場合には両面について加算するものとするとき、

$$1.2 > \frac{(A-S)}{P_2} > 0.3 \quad (3)$$

の条件を満たすことが望ましい。

この条件(3)は、第2レンズ $L_2$ の自体の屈折力に対する、非球面の球面からのズレ量の比を規定するものである。この値は前記条件(1)のごとき屈折力配分の下でも直線的に変化する値ではないが、第2レンズ $L_2$ に形成される非球面の程度を決定するものであり、第1レンズ $L_1$ に設けられる非球面の程度とも関連している。以下第1図に示した光路図を参照して説明する。この条件の下限を越えて、第2レンズ $L_2$ の非球面程度が小さくなると、第2レンズでの球面収差の補正が不充分で、第1レンズ $L_1$ の非球面で補正する必要性が高まる。この場合、最大面角の主光線 $B_1$ に対して、上方の限界光線 $B_2$ は第2レンズ $L_2$ での屈折作用が大き過ぎるためにコマ収

差が負に大きく発生し、他方、下方の限界光線 $B_3$ は第1レンズ $L_1$ での屈折作用が弱過ぎるためにここでもコマ収差が負方向に過大となり、非球面を用いているにもかかわらずメリディオナル方向のコマ収差もサジツタル方向のコマ収差もともに良好に補正することが難しくなってしまう。逆に、この条件の上限を越えて、第2レンズ $L_2$ の非球面程度が大きくなると、球面収差の補正のためには、第1レンズ $L_1$ の非球面程度を小さくしなければならなくなり、最大面角の主光線 $B_1$ に対して、上方の限界光線 $B_2$ についてコマ収差が正に大きく発生し、下方の限界光線 $B_3$ についてもコマ収差は正に過大となり、この場合にも、メリディオナル方向、サジツタル方向で共にコマ収差の補正が難しくなる。従つて、上記条件(3)の範囲の非球面形状とすることによつて、口径比1:1.2以上の極めて明るい投影レンズでありながら全面角にわたつて鮮明な像を得ることが可能である。また、

この範囲は、従来のこの種投影レンズに比べて小さい値であるため、非球面の加工においても有利である。

以下に、本発明による実施例について説明する。本発明による投影レンズに用いられる非球面の形状は、光軸方向をX軸とした直角座標において、頂点曲率をC、Kを円錐定数、 $C_2, C_4, \dots, C_{10}$ を高次定数とすると、

$$X = \frac{C\rho}{1 + \sqrt{1 - KC^2\rho^2}} + C_2\rho^2 + C_4\rho^4 + C_6\rho^6 + C_8\rho^8 + C_{10}\rho^{10}$$

$$\rho = \sqrt{Y^2 + Z^2}$$

で表わされる回転対称非球面である。本発明の3つの実施例は、いずれも焦点距離 $f = 131\text{mm}$ 、口径比1:1.08を有し、曲率半径が2500mmのスクリーンに投影するためのものとして設計されている。

以下の諸元表では、 $r_1, r_2, \dots$ はスクリーン側から順次の各レンズ面の曲率半径を表

わし、 $d_1, d_2, \dots$ は各レンズの中心厚及び空気間隔を、 $n_1, n_2, \dots$ は各レンズの屈折率を表わす。尚、 $f_1, f_2, f_3$ はそれぞれ第1、第2、第3レンズ( $L_1, L_2, L_3$ )の焦点距離を表わし、 $d_0$ はスクリーンと第1レンズ $L_1$ との間隔を表わすものとし、表中には、CRT管の平行平面部材Gの値をも記した。

第 1 实施例

$f=131\text{mm}$ , 口径比 1:1.08, 投影倍率 9.84, 半面角约  $24^\circ$

$d_0 = 1470.0$	$d_1 = 14.2$	$n_1 = 1.4937$	$f_1 = 312.604$
$L_1 \left\{ \begin{array}{l} r_1 = 154.417 \\ r_2 = \infty \end{array} \right.$			
$d_2 = 86.0$			
$L_2 \left\{ \begin{array}{l} r_3 = 134.632 \\ r_4 = -166.054 \end{array} \right.$	$d_3 = 23.0$	$n_3 = 1.4937$	$f_3 = 154.422$
$d_4 = 81.8$			
$L_3 \left\{ \begin{array}{l} r_5 = -59.335 \\ r_6 = -980.000 \end{array} \right.$	$d_5 = 4.0$	$n_5 = 1.4937$	$f_5 = -128.044$
	$d_6 = 2.53726$		
$C \left\{ \begin{array}{l} r_7 = \infty \\ r_8 = \infty \end{array} \right.$	$d_7 = 10.0$	$n_4 = 1.51953$	

$r_1$ : 非球面	$r_4$ : 非球面	$r_5$ : 非球面
$K = 1.0$	$K = -2.5$	$K = 0.0$
$C_1 = 0.0$	$C_2 = 0.0$	$C_3 = 0.0$
$C_4 = -0.1112884 \times 10^{-1}$	$C_4 = +0.5771246 \times 10^{-1}$	$C_4 = -0.1510202 \times 10^{-1}$
$C_5 = -0.4597848 \times 10^{-1}$	$C_5 = -0.7222040 \times 10^{-1}$	$C_5 = +0.1033840 \times 10^{-1}$
$C_6 = -0.6180964 \times 10^{-1}$	$C_6 = +0.3296217 \times 10^{-1}$	$C_6 = -0.3998238 \times 10^{-1}$
$C_{10} = -0.1007821 \times 10^{-1}$	$C_{10} = -0.5344418 \times 10^{-1}$	$C_{10} = +0.5428346 \times 10^{-1}$

第 2 实施例

$f=131\text{mm}$ , 口径比 1:1.08, 投影倍率 9.79, 半面角约  $24^\circ$

$d_0 = 1470.0$	$d_1 = 16.0$	$n_1 = 1.49397$	$f_1 = 288.955$
$L_1 \left\{ \begin{array}{l} r_1 = 142.755 \\ r_2 = \infty \end{array} \right.$			
$d_2 = 85.5$			
$L_2 \left\{ \begin{array}{l} r_3 = 141.333 \\ r_4 = -169.510 \end{array} \right.$	$d_3 = 20.2$	$n_3 = 1.49397$	$f_3 = 159.452$
$d_4 = 80.6$			
$L_3 \left\{ \begin{array}{l} r_5 = -58.600 \\ r_6 = -1000.000 \end{array} \right.$	$d_5 = 4.0$	$n_5 = 1.49397$	$f_5 = -126.192$
	$d_6 = 1.98199$		
$C \left\{ \begin{array}{l} r_7 = \infty \\ r_8 = \infty \end{array} \right.$	$d_7 = 10.0$	$n_4 = 1.51953$	

$r_1$ : 非球面	$r_4$ : 非球面	$r_5$ : 非球面
$K = 1.0$	$K = -2.5$	$K = 0.0$
$C_1 = 0.0$	$C_2 = 0.0$	$C_3 = 0.0$
$C_4 = -0.1184217 \times 10^{-1}$	$C_4 = +0.4507005 \times 10^{-1}$	$C_4 = -0.9498710 \times 10^{-1}$
$C_5 = -0.1779709 \times 10^{-1}$	$C_5 = -0.5580251 \times 10^{-1}$	$C_5 = +0.5079017 \times 10^{-1}$
$C_6 = -0.4493331 \times 10^{-1}$	$C_6 = +0.2377866 \times 10^{-1}$	$C_6 = -0.1978339 \times 10^{-1}$
$C_{10} = -0.1151641 \times 10^{-1}$	$C_{10} = -0.3804455 \times 10^{-1}$	$C_{10} = +0.2854613 \times 10^{-1}$

第3実施例

$$f = 131.1 \text{ mm}, \text{口径比 } 1:1.08, \text{投影倍率 } 9.69, \text{半面角約 } 24^\circ$$

$L_1$	$r_1 = 130.904$	$d_0 = 1470$	$n_1 = 1.49397$	$f_1 = 265.004$
	$r_2 = \infty$	$d_1 = 18.0$		
$L_2$	$r_3 = 142.379$	$d_2 = 85.8$	$n_2 = 1.49397$	$f_2 = 164.660$
	$r_4 = -181.786$	$d_3 = 18.0$		
$L_3$	$r_5 = -54.572$	$d_4 = 77.1$	$n_3 = 1.49397$	$f_3 = -118.176$
	$r_6 = -857.881$	$d_5 = 4.0$		
		$d_6 = 1.93683$	$n_4 = 1.51953$	
		$d_7 = 10.0$		
		$d_8 = \infty$		
		$d_9 = \infty$		

以下に、各実施例について、全系のパワーを1とした時の本発明による各条件の対応値を示す。また、参考のために、特開昭55-124114号公報の表Ⅱに示された例についての値を併せて示す。

	$P_1$	$P_2$	$P_2/P_1$	$D_2/D_1$	$(A-S)/P_2$
第1実施例	0.419	0.849	2.026	1.620	0.624
第2実施例	0.454	0.822	1.811	1.263	0.923
第3実施例	0.495	0.797	1.610	1.000	0.531
特開昭55-124114の表Ⅱのものの対応値	0.176	1.013	5.756	5.143	1.524

第2図～第4図に上記各実施例の諸収差図を示す。各図で左より順に球面収差、非点収差、 $M$ （メリディオナル方向）コマ収差、 $S$ （サジツタル方向）コマ収差である。この $S$ コマ収差では、左軸に $d_s$ としてメリディオ

$r_1$ : 非球面	$r_4$ : 非球面	$r_6$ : 非球面
$K = 1.0$	$K = -2.5$	$K = 0.0$
$C_2 = 0.0$	$C_2 = 0.0$	$C_2 = 0.0$
$C_4 = -0.1284699 \times 10^{-10}$	$C_4 = +0.1418475 \times 10^{-10}$	$C_4 = -0.1060007 \times 10^{-10}$
$C_6 = +0.6894878 \times 10^{-11}$	$C_6 = -0.1315877 \times 10^{-10}$	$C_6 = +0.9838110 \times 10^{-11}$
$C_8 = -0.3284061 \times 10^{-11}$	$C_8 = +0.8433344 \times 10^{-11}$	$C_8 = -0.4339551 \times 10^{-11}$
$C_{10} = +0.1921139 \times 10^{-10}$	$C_{10} = +0.3125827 \times 10^{-10}$	$C_{10} = +0.6357452 \times 10^{-11}$

ナル方向の収差量、右軸には $d_s$ としてサジツタル方向の収差量を表わしている。光線追跡は像から物体、すなわちスクリーンからCRT管に向う方向で、前述したごとくスクリーンは2500mmの曲率半径を持つよう、レンズ側に湾曲している場合で計算した結果である。また第5図は参考のために特開昭55-124114の表Ⅱのものを同様に計算し、レンズ形状、光路図を示したものであり（ただしスクリーンは平面）、第6図はスクリーンが平面である場合の諸収差図、第7図はスクリーンに2500mmの曲率半径を持たせた場合の諸収差図である。

以上の各収差図を比較すれば、本発明による各実施例とも特開昭55-124114号公報のものより明るいかにかかわらず、諸収差、特に $M$ コマ収差、 $S$ コマ収差が全面角にわたって良好に補正されており、優れた結像性能を維持していることが明らかである。具体的に述べるならば、3つの実施例に示され

るように、条件(1)に基づいて、第1レンズ $L_1$ の屈折力 $P_1$ を第2レンズ $L_2$ の屈折力 $P_2$ に対して約1/2程度の範囲にとると、両レンズのバランスにより全面角にわたり、口径に依存する球面収差、コマ収差が小さくなり、レンズの結像性は向上する。特開昭55-124114号公報に見るように第1レンズ $L_1$ の屈折力 $P_1$ をほぼ零に近い値とすると、第2レンズの屈折力 $P_2$ が増大して半面角 $20^\circ \sim 25^\circ$ という大きな面角全体をカバーすべく球面収差、コマ収差を補正するのは困難である。口径比が1:1.2以上と明るい投影レンズでは非点収差をいくら良くしても、実質的に $M$ コマ収差、 $S$ コマ収差等を含めて光束全体の収束性を良くしなくては高性能とはいえない。また、本発明の条件のごとく構成すれば、第2レンズ $L_2$ は中心厚を減ずるとともに、非球面の頂点曲率半径からのズレも小さくなり、また第1レンズ $L_1$ では曲率半径が比較的強くなることにより、非球

面の変曲点がレンズの有効径外に存在する簡単な非球面形状によつて収差補正が十分可能であるため、各レンズの加工性は良くなる。

尚、本発明による上記実施例では、いずれもCRT管の螢光面が平面である場合であつたが、CRT管はそれ自身の結像特性や構造のためにある程度の曲率を持つこともあり、これらの場合にも本発明による投影レンズは若干の設計変更により優れた性能を維持することが可能である。

以上のごとく、本発明によれば半面角 $20^\circ \sim 25^\circ$ 、口径比1:1.2以上で明るく優れた結像性能を有するとともに、非球面の加工もし易い高性能の投影レンズを提供することができる。

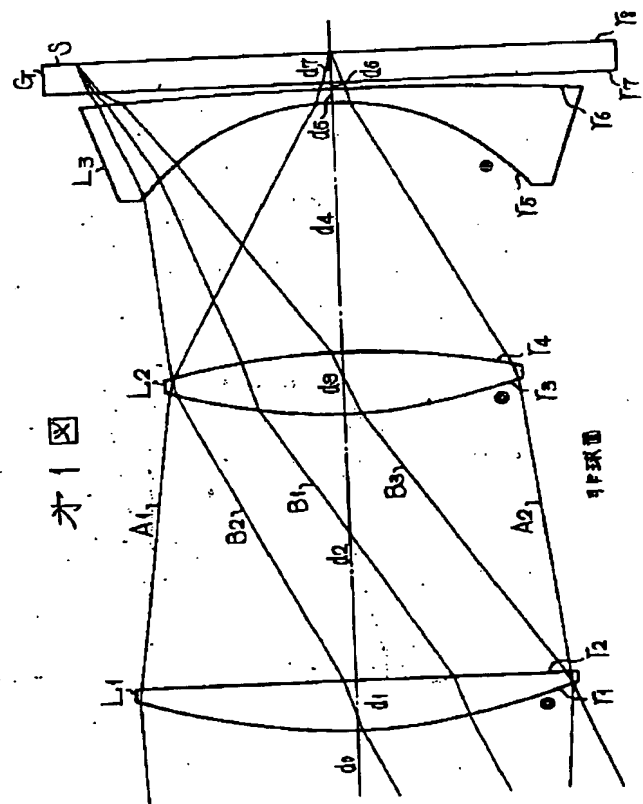
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明による投影レンズの基本的レンズ構成を示す光路図、第2図～第4図は各実施例の諸収差図、第5図は参考としての特開昭55-124114の表Ⅱのものを本

実施例と同様にして計算したレンズの光路図、第6図は第5図のスクリーンが平面である場合の諸収差図、第7図は第5図のスクリーンに $2500\text{mm}$ の曲率半径をもたせた場合の諸収差図である。

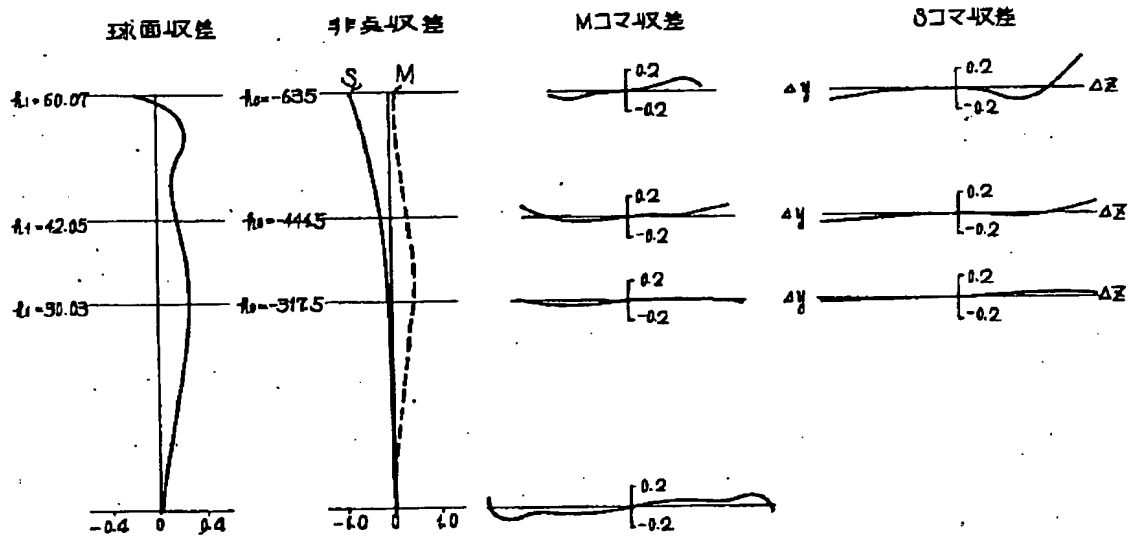
#### 【主要部分の符号の説明】

- $L_1$  …… 第1レンズ
- $L_2$  …… 第2レンズ
- $L_3$  …… 第3レンズ

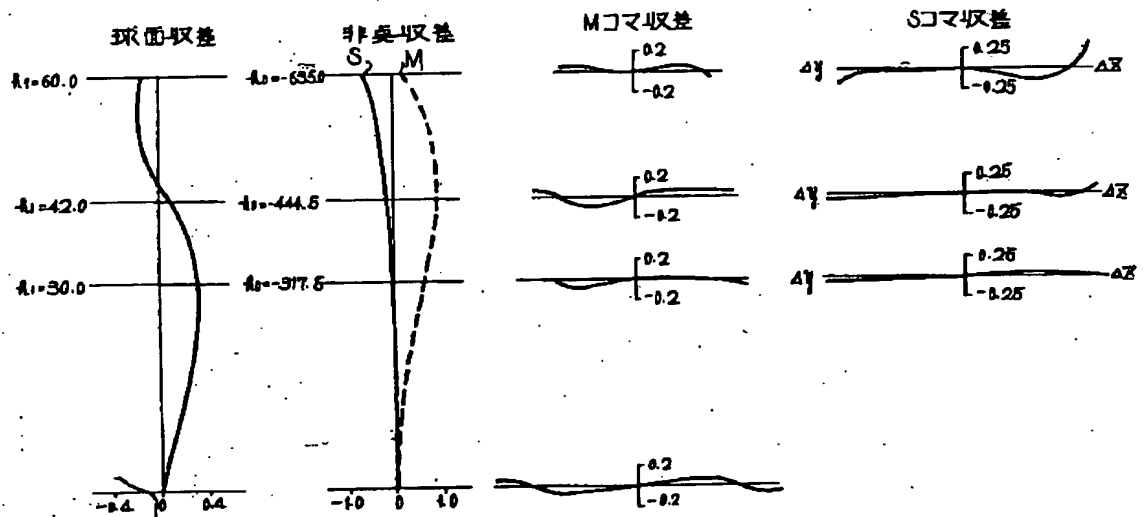




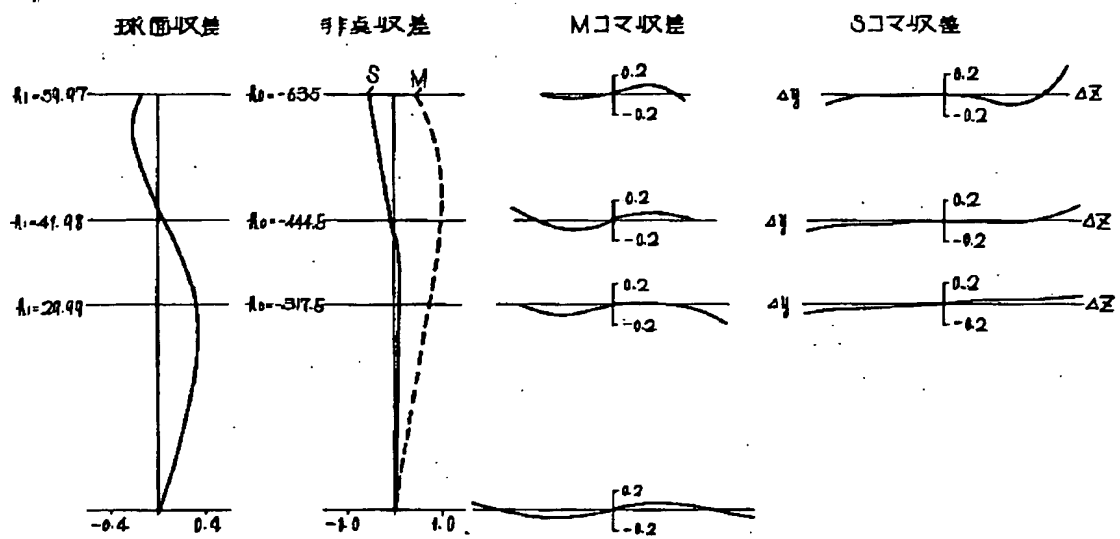
オ 2 図



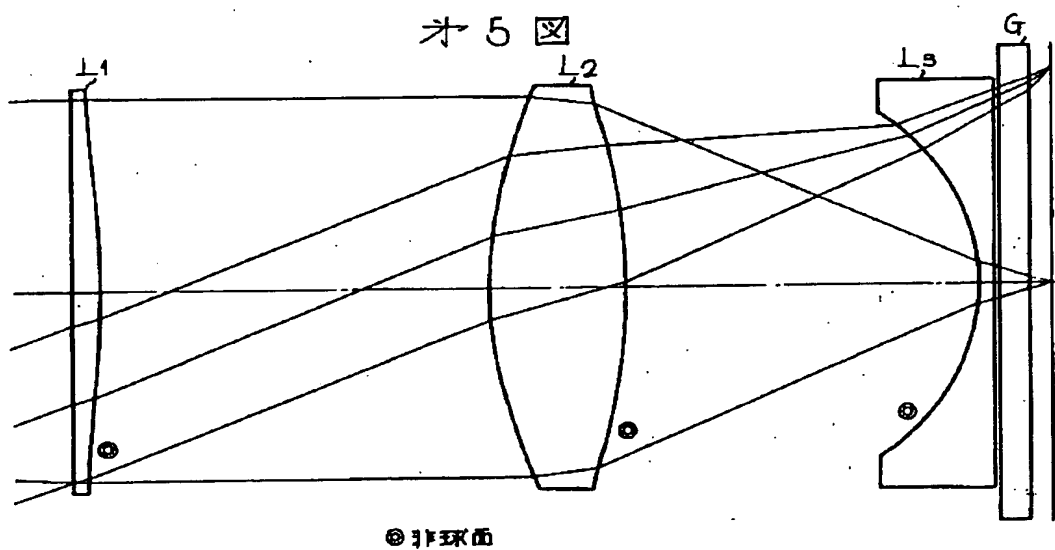
オ 3 図



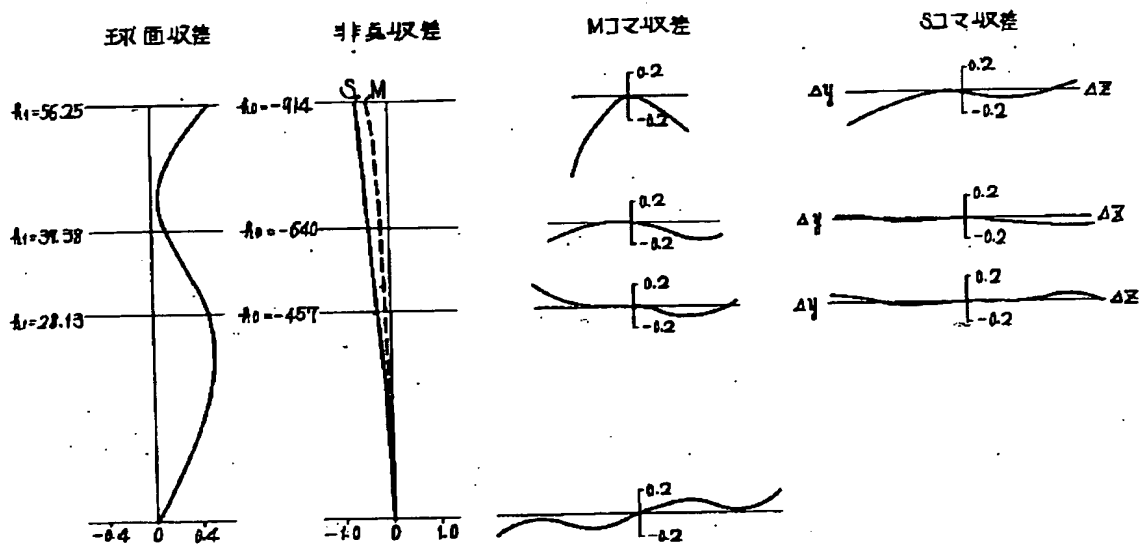
オ 4 図



オ 5 図



オ6図



オ7図

